Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Berlin
Abteilung: Für Zahn- und Kiefer-Ersatz
Leiter: Prof. Dr. Hermann Schröder.

# Ueber den Einfluß des individuellen Faktors auf die Belichtungszeit bei Röntgenaufnahmen der Zähne.

---

**Inaugural-Dissertation**

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der medizinischen Fakultät an der
Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

**Wilhelm Beck**
Zahnarzt aus Bayreuth.

---

Tag der Promotion: 23. 7. 1932

3

Gedruckt mit Genehmigung
der
medizinischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin

---

Dekan: Prof. Dr. v. Bergmann
Referent: Dr. Münzesheimer
Korreferent: Prof. Dr. Schröder

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Je mehr sich die Röntgendiagnostik in der Zahnheilkunde in den letzten Jahren als oftmals unumgängliches Hilfsmittel erwies, desto größer wurde das Bestreben, die Röntgenapparatur, sowie die Aufnahmetechnik zu vereinfachen und so auszubauen, daß es stets möglich ist, einwandfreie Aufnahmen zu machen. Die Vereinfachung der Aufnahmetechnik wurde durch die Standardisierung derselben, sowie der Filmbehandlung erreicht (Münzesheimer) vorausgesetzt, daß man einen Apparat verwendet, der stets die gleichen notwendigen Bedingungen erfüllt.

Die Vorteile dieser Technik zeigen sich schon äußerlich in der leichteren Erlernbarkeit und größeren Sicherheit in der Handhabung der Aufnahmetechnik. Außerdem erhält man gleichmäßige und gut durchgezeichnete Bilder. Was aber hauptsächlich für die Standardtechnik spricht, ist, daß jedes Bild jeder Zeit wiedererhältlich ist, wenn die notwendigen Angaben der ersten Aufnahme bekannt sind. Daß diese Möglichkeit besonders wichtig ist, zeigt sich speziell bei Kontrollaufnahmen von Erkrankungsherden im Knochen; denn schon geringe Abweichungen von der alten Aufnahme können Täuschungen im positiven oder negativen Sinn hervorrufen. Selbstverständlich müssen für diese Kontrollaufnahmen auch alle anderen Bedingungen der Standardmethode erfüllt sein.

Für diese Standardmethode müssen nun folgende Punkte stets gleich sein:

1. Fokusfilmabstand,
2. Belichtungszeit,
3. Strahlenmenge,
4. Strahlenhärte,
5. Filmmaterial,
6. Entwicklerlösung,
7. Entwicklertemperatur,
8. Entwicklungszeit.

(nach Münzesheimer — Leitfaden der systematischen Röntgenuntersuchung in der Zahnheilkunde).

Bie Bedingungen 2—8 können wir jederzeit erfüllen und immer gleich beibehalten. Verschieden wird aber bei verschiedenen Objekten der Fokusfilmabstand und das durchstrahlte Medium sein, da dessen Stärke und Dichte naturgemäß individuellen Schwankungen unterworfen ist.

Meine Aufgabe ist es nun, den Einfluß des individuellen Faktors auf die Belichtungszeit bei Röntgenaufnahmen der Zähne nachzuprüfen. Zur Erfassung dieses individuellen Faktors wurde das Gewicht, die Größe, Alter u. Geschlecht jedes Patienten festgestellt.

Wir wissen, daß

1. die Schwächung der Röntgenstrahlen abhängig von der Qualität der Strahlung selbst, sowie von der Natur und Dichte des durchstrahlten Körpers ist und
2. daß die Intensität der Strahlen direkt proportional mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt.

Es ist also möglich, daß die genannten Faktoren eine Strahlenschwächung hervorrufen und wir dementsprechend die Belichtungszeit ändern müssen, um stets gleichmäßig gut durchgezeichnete Röntgenbilder mit guten Kontrasten zu erhalten.

Kontrastlose Negative, d. h. Negative, die nur einen schwachen Unterschied zwischen starker und geringer Schwärzung aufweisen, entstehen aber nicht nur bei Ueber- bezw. Unter-Belichtung der Filme, sondern können auch durch Entwicklungsfehler hervorgerufen werden. So hat die Zusammenstellung der Entwicklerlösung einen großen Einfluß darauf, denn jedem Bestandteil derselben ist grundlegende Bedeutung zuzusprechen, wenn auch Entwicklersubstanz und Alkali die Hauptrolle spielen. So beeinflußt z. B. das Natriumsulfit weitgehend die Dichtigkeitsverhältnisse im Bilde; es darf also nicht über einen bestimmten Prozentsatz beigemischt sein. Für die Entwicklung der Röntgenfilme verwenden wir gerade deswegen die Tankentwicklung und nicht die Rapidentwicklung, weil es beim Entwicklungsvorgang darauf ankommt, die ganze Schichtdicke zu durchdringen und auszuentwickeln, da die Emulsionsschicht der Röntgenfilme in ihrer ganzen Dicke von den Röntgenstrahlen gleichmäßig verändert wird, im Gegensatz zur lichtempfindlichen Schicht der Platte bei der Fotografie. Der Entwick-

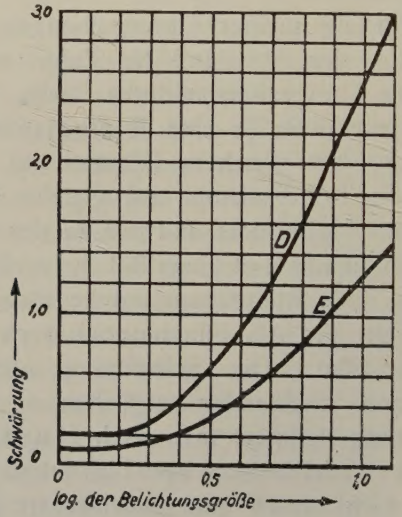
lerlösung für die Tankentwicklung wird daher viel Bromkaliumlösung hinzugesetzt, damit langsam die ganze Schicht durchdrungen werden kann. Wichtig ist natürlich auch die Konzentration der Lösung, d. h. die erforderliche Wassermenge, die in einem bestimmten Verhältnis zur Entwicklersubstanz, Alkali und Sulfit stehen muß. Weiterhin spielen auch die Temperatur der Lösung und die Entwicklungsdauer eine große Rolle. Der Entwicklungsprozeß ist ein chemischer Vorgang, der sich, wie die Mehrzahl derselben, bei erhöhter Temperatur rascher abwickelt. Bei zu hoher Temperatur treten die Mittel- und Unter-Töne des Negativs zu stark hervor, die Schwärzungsunterschiede werden dadurch geringer. Wir erhalten dann ein beinahe gleichmäßig graues, konkontrastloses Bild, das außerdem noch verschleiert sein kann. Es muß daher stets sorgfältig auf Innehaltung einer bestimmten Temperatur gesehen werden. Als günstigste Temperatur hat sich eine von 18° C erwiesen.

Daraus geht ohne weiteres hervor, daß für die Standardmethode die Tankentwicklung unbedingt nötig ist, um Bildfehler zu vermeiden.

Zur Durchführung meiner Untersuchungen machte ich auf der Röntgenstation der Abteilung für Zahn- und Kiefer-Ersatz des Zahnärztlichen Universitätsinstitutes Berlin, bei 51 Patienten im Ober- und Unterkiefer je eine Röntgenaufnahme und zwar unter Beibehaltung von gleichem Filmmaterial, gleicher Belichtungszeit, gleichem Röhrenstrom und gleicher Spannung, denn von der Größe des Heizstroms und der an der Röhre liegenden Spannung ist die Qualität und Quantität der emittierten Röntgenstrahlen abhängig. Als Röntgenapparat benützte ich den Dental-Heliodor von S. R. V. Als Filmmaterial verwendete ich den Kodak-Radia-Tized-Film. Die Schwärzung der verschiedenen Filme werden dann miteinander verglichen.

Die Schwärzung definiert man nach Hurter und Driefffield nach den Verhältnissen der Lichtintensitäten, die beim Durchgang von Licht durch eine geschwärzte Schicht vor und hinter ihr gemessen werden, als den dekadischen Logarithmus dieses Verhältnisses (Münzesheimer-Kuppenheim — systematische Röntgenuntersuchung). Die Schwärzung ist mit Hilfe von optischen Instrumenten zu messen. Die Beziehung

zwischen Schwärzungsgrad und der ihn erzeugenden Strahlenenergie können wir in einer Schwärzungskurve graphisch darstellen, indem wir die gemessene Schwärzung in ein Koordinatensystem als Ordinate und die Logarithmen der entsprechenden Belichtungszeit als Abszissen eintragen. Wir bekommen dann eine steile Gradationskurve, wenn geringe Belichtungsunterschiede große Schwärzungsunterschiede hervorrufen und bei geringen Schwärzungsunterschieden eine flache Gradationskurve. Ein Film mit steiler Gradation ist also vorzuziehen, da er bessere Kontraste liefert. Da die Belichtungsgröße das Produkt aus der Bestrahlungszeit und der Intensität ist, müssen wir also die Intensität erhöhen, um geringere Belichtungszeit zu erhalten. Je höher die Spannung, also Zunahme der k. V. aber wird, desto kurzwelliger werden die Strahlen; diese werden wiederum vom Körper weniger absorbiert. Um nun eine gute Gradation zu erhalten, d. h. die Bildkontraste zu erhöhen, verwenden wir doppelt begossene Filme, bezw. Verstärkerfolien, und haben somit die Möglichkeit erhöhter Spannung bei Abkürzung der Belichtungsdauer.




Allgemeiner Verlauf der Schwärzung bei einem einseitig (E) und einem doppelseitig (D) begossenen Röntgenfilm. (Nach Münzesheimer-Kuppenheim — Leitfaden der systematischen Röntgenuntersuchung in der Zahnheilkunde).

Der von mir verwendete Kodak-Radia-Tizes-Film ist ein derartig doppelt begossener Film mit sehr guter Gradation, aber verhältnismäßig geringer Röntgenempfindlichkeit (er eignet sich besonders für Röntgenstrahlen, die bei 64 k. V. entstehen, auf die ja der Dental-Heliodor eingestellt ist.), weshalb sich für die Zahnaufnahmen bei 18 m. A. als durchschnittliche Belichtungszeit 3 Sek. ergibt.

Um möglichst gute Vergleichswerte zu erhalten, wählte ich im Ober- und Unterkiefer immer denselben Zahn- und Kieferabschnitt; im Oberkiefer o. r. 4,5, im Unterkiefer u. r. 6.

Die Aufnahmeeinstellung selbst erfolgt dann nach den Grundsätzen der Standardtechnik, wobei bei meiner Aufgabe nur die intraorale Methode in Betracht kommt. Der Patient wurde in Grundstellung gesetzt, d. h. eine durch die Median-Sagittal-Ebene des Pat. gelegte Ebene fällt mit der Nullstellung des Apparates zusammen, und die Kauebene des Pat. bestimmt durch die Naso-Auricular-Ebene, verläuft horizontal. Für den Oberkiefer wird nun auf die Wangen-Schnittlinie der Naso-Auricular-Ebene des Pat. der Tubus aufgesetzt, so, daß der Hauptstrahl ungefähr in Höhe der Wurzelspitzen einfällt. Bei den Unterkieferaufnahmen wird der Kopf des Pat. so gelagert, daß die Kauebene, die bei geöffnetem Mund leicht zu überblicken ist, ebenfalls horizontal verläuft. Der Kopf ist also im Gegensatz zu den Aufnahmen im Oberkiefer etwas nach hinten geneigt. Die Mitte des Tubus wird dabei etwa einen Querfinger breit oberhalb des unteren Kieferrandes aufgesetzt.

Um möglichst ein unverzeichnetes Röntgenbild zu erhalten, wurden nur orthoradiale Aufnahmen gemacht. (Unter orthoradialer Aufnahme versteht man eine Strahlenrichtung, bei der der einfallende Röntgenstrahl senkrecht auf die Filmebene fällt, wobei die Filmebene ungefähr parallel mit der an den Zahnbogen gelegten Tangentialebene verläuft. (Münzesheimer: Leitfaden der systematischen Röntgenuntersuchung in der Zahnheilkunde) Dabei ergaben sich folgende Winkeldurchschnitte, die sich an der Gradeinteilung an den Gelenken a. b. und c des Dental-Heliodor ablesen lassen. (a = Gelenk des Tubus zur Röntgen-

röhre; b = Gelenk des Röhrenbehälters um seine Querachse; c = Gelenk des Querarms zur lotrechten Stativsäule.)

| Für r. u. 4,5 | für r. o. 6 |
|---|---|
| a + 35° | a — 5° |
| b ± 30° | b ± 45° |
| c ± 30° | c ± 40° |

Nach der Röntgenaufnahme wurden die Pat. sofort gewogen und gemessen.

Besonderen Wert legte ich, wie schon oben erwähnt, auf die Weiterbehandlung der Filme, d. h. auf die Entwicklung und Fixierung derselben, die als Tankentwicklung durchgeführt wurde. Diese ist als integrierender Bestandteil der Standardtechnik anzusehen. Zu ihr gehören folgende Punkte:

1. gleiche Entwicklerlösung,
2. gleiche Entwicklungstemperatur,
3. gleiche Entwicklungszeit.

Um diese Bedingungen auch praktisch durchführen zu können, wandte ich mich wegen der großen Zahl der Filme, die alle auf einmal entwickelt werden mußten, an die Firma Kodak, Berlin, die mir in liebenswürdiger Weise ihre Unterstützung zuteil werden ließ.

Ueber Entwicklungsfehler, die auf chemischer oder physikalischer Grundlage beruhen, habe ich oben schon berichtet. Es gibt aber noch Bildfehler, die rein auf der technischen Handhabung der Entwicklung beruhen können, die ganz besonders bei unseren Röntgenaufnahmen zu großen Irrtümern führen können. Als solche kommen in Frage:

1. Das Negativ zeigt kleine schwarze Punkte (diese entstehen, wenn Metallstaub beim Hantieren mit Kassetten mit Aluminiumschieber oder wenn ungelöste Teilchen der Entwicklersubstanz auf die Schicht gelangen).

2. Das Negativ zeigt kleine, runde, glasklare Flecken von wechselnder Größe. (wenn Luftbläschen sich auf der Schicht festgesetzt haben, die das Eindringen des Entwicklers verhindern).

3. Das Negativ zeigt größere, dunkle, unregelmäßig geformte Flecken und Streifen. (wenn die Platte beim Beginn

der Entwicklung nicht gleichmäßig von der Lösung überflutet wurde).

4. Das Negativ zeigt Marmorierungen und zellenartige Strukturen. (wenn ein stark verbrauchter, stark verdünnter oder ungenügend gemischter Entwickler verwendet wurde).

5. Das Negativ zeigt durchsichtige von einem dunklen Rand eingefaßte Fleckchen, die manchmal nach unten ausgelaufen sind, so daß sich ein kurzer dunkler Schweif gebildet hat. Vertiefungen in der Schicht. (Die Erscheinung zeigt sich beim Trocknen in heißen, schwülen, schlechtgelüfteten Räumen, namentlich wenn an heißen Sommertagen lange gewässert wurde. (Bakterienbildung).

Die Fehler 1—4 lassen sich ebenfalls leicht durch die Tankentwicklung vermeiden.

Die Entwicklung und Fixierung erfolgte in großen Standgefäßen, die sich am besten dafür eignen. Die Filme wurden an Zahnfilmklammern befestigt und in die Standgefäße gehängt, so daß kein weiteres Berühren mit den Fingern nötig, kein Zerkratzen möglich ist und die Filme auch gleichmäßig vom Entwickler überflutet werden können. Als Entwicklerlösung wurde der Spezialentwickler von Kodak verwendet. Die Entwicklertemperatur wurde konstant auf der optimalen Temperatur von 18° C gehalten (Thermometer) und die Aufnahme genau 5 Minuten (Signaluhr) entwickelt. Darauf folgte Fixieren. Wässern und Trocknen der Filme unter den üblichen Bedingungen.

Bei einer allgemeinen Beurteilung der Filmnegative lasse ich, meinem Thema entsprechend, pathologische Prozesse, die die Aufnahmen aufweisen, vollkommen unberücksichtigt. So decken sich auch auf Grund der orthoradialen Einstellung bei den oberen ersten Prämolaren größtenteils die palatinale Wurzel mit der buccalen.

An den Zähnen selbst ist gut der Schmelzmantel vom Dentinkern zu unterscheiden und das Pulpenkavum leicht zu erkennen. Die Zähne sind scharf abgebildet und zeigen alle, sowohl im Schmelzmantel, als auch im Dentikern, ziemlich den gleichen Schwärzungsgrad, d. h. also, an den Zähnen lassen sich kaum Schwärzungsunterschiede feststellen.

Das Knochengewebe der Alveolarknochen ergab gute Bilder. Die Knochenstruktur ist schön zu erkennen. Hier aber stellen sich Unterschiede in der Schwärzung der Negative heraus, wenn auch nur im geringen Grad. Da ich aber beim Entwickeln der Filme alle Fehlerquellen strengstens vermieden habe, so lassen sich die Verschiedenheiten in den Negativen nur auf die Belichtung selbst zurückführen. Bei der Betrachtung mit dem bloßen Auge allerdings, lassen sich diese Unterschiede schwer als Resultate verwerten. Ich mußte daher eine andere Auswertungsmöglichkeit für die Negative anwenden.

Zur Feststellung solcher Unterschiede machte F. Danmeyer (Strahlentherapie 1928 Bd. 30 — Eine verfeinerte Methode zur Auswertung von Röntgenaufnahmen) den Vorschlag, die Röntgenaufnahmen fotometrisch auszuwerten. Er legt folgende physikalische Tatsache zu Grunde: „läßt man ein feines Lichtbündel z. B. durch ein Spektogramm auf eine lichtempfindliche Zelle fallen, so wird der Elektrometerfaden je nach der Intensität des durch die Linien mehr oder weniger geschwächten Lichtstrahls einen entsprechenden mehr oder weniger großen Ausschlag geben.“ Dabei ist zu beachten, daß die Lichtquelle, die mit der lichtelektrischen Zelle gekoppelt ist, während der ganzen Untersuchung konstant sein muß. Diese Idee wurde von P. P. Koch und F. Goos in einem selbst registrierenden Mikrophotometer verwertet. Derartige Diagramme lassen sich mit Erfolg auf Röntgenbilder anwenden. Diese Methode läßt sehr genaue Resultate zu, ist aber abhängig von komplizierten Apparaten und auch sonst ziemlich schwierig zu handhaben.

Bettmann (Zentr. Bl. f. Chir. 1928 Nr. 38 — Eine einfache Methode zur Bestimmung der Knochendichte im Röntgenbilde) bediente sich zur Messung der Knochendichte folgender Methode. Er fertigte sich zwei Präzisionsaliminiumkeile an, mit 28 Stufen, die 0,5 mm Dickenunterschiede aufweisen. Diese Skalen fotografierte er mit, indem er sie einfach auf die Kassette mit auflegte, schneidet dann die mitfotografierte Dichteskala aus dem Film aus, stanzt in dem zu untersuchenden Knochenbezirk ein Dreieck aus und führte an diesem die Skala so lange vorbei, bis sich eine Uebereinstimmung zwischen Knochen und Vergleichskeildichte ergibt, der ein bestimmter Zahlenwert ent-

spricht. Bettmann benutzt diese Methode zur Festlegung bestimmter Zahlenwerte für Kalkzu- oder abnahme. Auf zahnärztliche Verhältnisse läßt sich dieselbe nicht gut übertragen, da sie bei der intraoralen Aufnahmetechnik schlecht ausführbar ist und außerdem brauche ich ja für sämtliche Aufnahmen denselben Vergleichsmesser.

Eine dritte Methode von Klein Henry (J. dent. Res. 10 — 1930 — „Eine Bleisektorenscheibe um Dichte von Knochen und Zahnbau in Prozentzahlen auszudrücken) sei noch erwähnt. Klein benutzt eine Scheibe mit 9 Sektoren verschiedener dicker Bleilagen, die entsprechend der verschiedenen Dicke des Bleies, verschieden stark Röntgenstrahlen absorbiert. Wenn man diese Maß-Scheibe zusammen mit dem Objekt röntgenografiert, so hat man einen Vergleichsmaßstab, wenn man die von dem Objekt absorbierte Strahlenmenge mit der Absorptionsfähigkeit eines der Ringe der Bleischeibe in Beziehung setzt. So kann man auch mehrere Objekte untereinander mit Hilfe der Maß-Scheibe in bezug auf ihre Strahlendurchlässigkeit vergleichen und die Unterschiede zahlenmäßig ausdrücken.

Diese Methode wäre ganz gut für meine Untersuchungen geeignet. In ganz ähnlicher Weise stellte ich einen Vergleichsmaßstab mir her, nur daß ich statt der Bleisektorenscheibe einen Aluminium-Dichte-Keil benutzte.

Dazu machte ich mir aus einem 0,5 mm starken Aluminiumblech einen Dichtekeil mit 8 Stufen mit einem Dickenunterschied von je 0,5 mm. Davon wurde dann eine Röntgenaufnahme gemacht und so hatte ich in dem Röntgenbild einen Vergleichsmesser von 1—8⁰ Einteilung. (Bild 1). In die Röntgenbilder selbst wurde ein Loch gestanzt entsprechend der Stufengröße des Graukeils und zwar in den zu untersuchenden Teil der Aufnahme, also bei den oberen Prämolaren und den unteren ersten Molaren. (Bild 2 u. 3). An diesem Loch wurde nun die Skala vorbeigeschoben, bis Bild und Keildichte übereinstimmten. So konnte man bequem am Graukeil den Grad der Belichtung ablesen. Diese Methode ist allerdings als ziemlich grob zu bezeichnen und weist verschiedene Mängel auf. Schon allein der Vergleich der Schwärzung der Röntgenbilder mit dem Graukeil ist subjektiven Einstellungen unter-

worfen, wobei auch noch das Licht bei der Betrachtung (ob schlechtes oder sonniges Wetter, künstliches Licht) verschiedene Beurteilungsmöglichkeiten zuläßt. Um diese subjektiven Unterschiede möglichst auszugleichen, habe ich mich nicht mit einem einmaligen Vergleich der Röntgenbilder begnügt, sondern dieselben öfters, ganz unabhängig von den zuerst gefundenen Zahlenwerte, nachgeprüft. Dabei erhielt ich z. T. für ein und dasselbe Bild verschiedene Werte. Durch Vergleichen dieser Zahlenwerte unter sich, war es mir möglich, den besten Wert zu ermitteln. Die, durch das Licht hervorgerufenen, verschiedenen Eindrücke, sind dadurch auszuschalten, daß man alle Röntgenbilder zur selben Zeit betrachtet, wobei man das Auge nicht überanstrengen darf, also kurze Ruhepausen für das Auge einschalten muß. Auf diese Art und Weise ist es möglich, ziemlich einwandfreie Resultate zu erhalten. Ich konnte nun folgende Werte aufstellen:

Tabelle:

(Der Einfachheit halber habe ich alle Werte in einer Tabelle zusammengestellt, aber Männer und Frauen getrennt).

1. Männer

| | | Dichtigkeitsstufe | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | O. K. | U. K. | Alter | Größe | Gewicht |
| 1. | 7⁰ | 7⁰ | 25 J. | 122 cm | 123 Pfd. 100 |
| 2. | 7⁰ | 5⁰ | 23 J. | 166 cm | 145 Pfd. — |
| 3. | 7⁰ | 6⁰ | 24 J. | 176 cm | 142 Pfd. 300 |
| 4. | 8⁰ | 5⁰ | 24 J. | 178 cm | 116 Pfd. 300 |
| 5. | 6⁰ | 6⁰ | 25 J. | 192 cm | 156 Pfd. — |
| 6. | 5⁰ | 5⁰ | 21½ J. | 171 cm | 142 Pfd. — |
| 7. | 4⁰ | 6⁰ | 39 J. | 172 cm | 128 Pfd. — |
| 8. | 7⁰ | 6⁰ | 23 J. | 174 cm | 129 Pfd. 300 g |
| 9. | 7⁰ | 5⁰ | 24 J. | 169,5 cm | 145 Pfd. — |
| 10. | 6⁰ | 3⁰ | 24 J. | 181 cm | 145 Pfd. — |
| 11. | 7⁰ | 7⁰ | 27 J. | 173,5 cm | 139 Pfd. — |
| 12. | 5⁰ | 6⁰ | 22 J. | 164,5 cm | 109 Pfd. — |
| 13. | 6⁰ | —⁰ | 27½ J. | 172 cm | 125 Pfd. — g |
| 14. | 7⁰ | 5⁰ | 26 J. | 165 cm | 116 Pfd. 100 g |
| 15. | 6⁰ | 6⁰ | 32 J. | 166 cm | 136 Pfd. 200 g |
| 16. | 4⁰ | 7⁰ | 29 J. | 178 cm | 140 Pfd. 200 g |

Dichtigkeitsstufe

| No. | O. K. | U. K. | Alter | Größe | Gewicht |
|---|---|---|---|---|---|
| 17. | 4⁰ | 6₀ | 28 J. | 166 cm | 136 Pfd. — |
| 18. | 4₀ | 4⁰ | 22 J. | 182 cm | 129 Pfd. 200 g |
| 19. | 5⁰ | 6⁰ | 24 J. | 169 cm | 145 Pfd. — |
| 20. | 5⁰ | 6⁰ | 24 J. | 181 cm | 145 Pfd. — |
| 21. | 4⁰ | 6⁰ | 21 J. | 178 cm | 126 Pfd. — |
| 22. | 5⁰ | 7⁰ | 31 J. | 174 zm | 128 Pfd. 300 g |
| 23. | 5⁰ | 5⁰ | 33 J | 172 cm | 180 Pfd. 400 g |
| 24. | 2⁰ | 2⁰ | 30 J. | 167 cm | 112 Pfd. — |
| 25. | 4⁰ | 4⁰ | 59 J. | 169 cm | 148 Pfd. 900 g |
| 26. | 7⁰ | 6⁰ | 27 J. | 180 cm | 196 Pfd. 300 g |
| 27. | 6⁰ | —⁰ | 28 J. | 167 cm | 116 Pfd. 400 g |
| 28. | 2⁰ | 5⁰ | 46 J. | 168,5 cm | 136 Pfd. — |
| 29. | 5⁰ | 5⁰ | 37 J. | 175,5 cm | 146 Pfd. 200 g |
| 2. Frauen | | | | | |
| 30. | 4⁰ | 6⁰ | 26 J. | 168 cm | 109 Pfd. — |
| 31. | 5⁰ | 3⁰ | 28 J. | 167,5 cm | 140 Pfd. 200 g |
| 32. | 5⁰ | 6⁰ | 41 J. | 164 cm | 153 Pfd. 200 g |
| 33. | 5⁰ | 4⁰ | 22 J. | 165 cm | 130 Pfd. — |
| 34. | 7⁰ | 5⁰ | 34 J. | 168 cm | 136 Pfd. — |
| 35. | 3⁰ | 4⁰ | 28 J. | 175,5 cm | 149 Pfd. — |
| 36. | 4⁰ | 5⁰ | 22½ J. | 164 cm | 132 Pfd. — |
| 37. | 4⁰ | 3⁰ | 22 J. | 163 cm | 112 Pfd. 300 g |
| 38. | 5⁰ | 7⁰ | 21 J. | 169 cm | 137 Pfd. — |
| 39. | 4⁰ | 5⁰ | 35 J. | 164 cm | 143 Pfd. 200 g |
| 40. | 5⁰ | 5⁰ | 22 J. | 176,5 cm | 138 Pfd. 300 g |
| 41. | 3⁰ | 6⁰ | 23 J. | 170,5 cm | 117 Pfd. — |
| 42. | 6⁰ | —⁰ | 44 J. | 165 cm | 131 Pfd. — |
| 43. | 6⁰ | 6⁰ | 39 J. | 158,5 cm | 101 Pfd. 200 g |
| 44. | 6⁰ | 7⁰ | 52 J. | 169 cm | 186 Pfd. 100 g |
| 45. | 3⁰ | 2⁰ | 44 J. | 162,5 cm | 159 Pfd. 200 g |
| 46. | —⁰ | 4⁰ | 58 J. | 168,5 cm | 168 Pfd. 100 g |
| 47. | 6⁰ | 7⁰ | 47 J. | 178 cm | 167 Pfd. 100 g |
| 48. | 3⁰ | 6⁰ | 54 J. | 164 cm | 142 Pfd. — |
| 49. | 4⁰ | 5⁰ | 55 J. | 169 cm | 127 Pfd. 300 g |
| 50. | 3⁰ | 2⁰ | 53 J. | 155 cm | 144 Pfd. 400 g |
| 51. | 6⁰ | 6⁰ | 45 J. | 164 cm | 120 Pfd. — |

Vergleicht man nun die in der Tabelle aufgestellten Zahlenwerte miteinander, so zeigt sich, daß praktisch kein nennenswerter Unterschied in der Belichtung der einzelnen Filme vorhanden ist, mit Ausnahme einiger extremer Fälle, die ich nach besonders anführen werde. Besonders auffällig tritt dies zutage, wenn man aus den Werten der einzelnen Versuchsreihen, wie z. B. gleiches Geschlecht- und Alter von 20—30 Jahren oder 30—40 Jahren, das arithmetische Mittel zieht. Es steht also fest, daß wir im allgemeinen die Belichtungszeit gleich wählen können. Nur die Unterkieferaufnahmen sind, ohne Rücksicht zu nehmen auf Geschlecht usw., im Durchschnitt alle etwas schlechter belichtet als die Oberkieferaufnahmen, so daß es angebracht erscheint, für den Unterkiefer, aber nur im Bereiche der Molaren, eine etwas längere Belichtungszeit zu wählen (Münzesheimer).

Weiter ist aus der Tabelle zu erkennen, daß in einigen extremen Fällen, wie schon oben erwähnt, es ebenfalls nötig ist, die Belichtungszeit entsprechend zu variieren. Ich möchte nun folgende 4 Fälle herausgreifen und sie im Folgenden schildern:

Fall 26: Herr B. ist 27. J. alt, 180 cm groß und wiegt 196 Pfd. 300 g. Der Knochenbau ist sehr kräftig, und der Pat. ist seiner Größe und seinem Gewicht entsprechend sehr stark. Die Röntgenaufnahmen sind verhältnismäßig kontrastlos, sie sind schlecht belichtet (Bild 4. Hier muß also der Knochendicke und der Weichteildicke (größerer Fokus-Film-Abstand) entsprechend die Belichtungszeit etwas erhöht werden.

Fall 18. Herr R. ist 22 J. alt, 182 cm gr. und wiegt 129 Pfd. 200 g. Der Knochenbau ist schwach, sein Gesicht schmal. Schon das Verhältnis zwischen Größe und Gewicht zeigt, daß der Pat. ziemlich schwächlich ist. Die Röntgenbilder sind dem Durchschnitt entsprechend überbelichtet (Bild 5 und 6). Hier ist die Knochendicke und Dichte, also auch der Fokus-Film-Abstand, gering, so daß wir mit einer kürzeren Belichtungszeit auskommen.

Fall 2: Herr Br. ist 23 J. alt, 166 cm gr. und wiegt 145 Pfd. Der Knochenbau ist stark, besonders der Gesichtsschädel ist sehr breit gebaut. Die Röntgenbilder sind schlecht belichtet (Bild 7). Durch den breiten Gesichtsbau ist der Fokus-Film-Abstand größer, so daß in diesem Falle wieder etwas länger belichtet werden muß.

Fall 50: Frau K. ist 53 J. alt, 155 cm gr. und wiegt 144 Pfd. 400 g. Die Röntgenbilder sind überbelichtet. Hier dürfte dem Alter der Pat. entsprechend bereits eine Atrophie des Knochens und wegen des Zahnmangels auch eine Weichteilsatrophie eingetreten sein, wodurch auch der Fokus-Film-Abstand geringer wird. Bild 8). Es ist also die Belichtungszeit kürzer zu wählen.

Einige Worte möchte ich noch über die Ausführung der positiven Papierabzüge sagen. Ich brauche ja kaum zu erwähnen, daß im positiven Bild die Verhältnisse umgekehrt liegen als im Negativ, d. h. die stark geschwärzten Stellen des Negativs werden im positiven Abzug hell und die hellen Stellen im Negativ werden im Positiv dunkel. Um auch hier die positiven Bilder entsprechend der Belichtung der Negative zu erhalten, habe ich ebenfalls bei der Kopierung darauf gesehen, daß die Bilder alle gleichmäßig behandelt und Fehlerquellen vermieden werden. Zu diesem Zwecke kopierte ich sämtliche Negative auf einmal auf ein größeres Papier, so daß alle gleichmäßig belichtet und entwickelt wurden. Nur wegen einer besseren Anordnung schnitt ich sie nachher auseinander. So kommen auch in den Abzügen die Unterschiede in der Belichtung noch ganz gut zum Vorschein, leider aber doch nicht so gut als sie die Negative aufweisen. Auch die Feinheiten der Aufnahmen, wie z. B. Schmelz-Dentin-Grenze, oder die Knochenstruktur, sind in den positiven Papierabzügen nicht so gut zu erkennen.

Zusammenfassung:

Unter strenger Beachtung der Standardaufnahme- und Entwicklungstechnik habe ich den Einfluß des individuellen Faktors auf die Belichtungszeit bei Röntgenaufnahmen nachgeprüft.

Es zeigt sich, daß die Negative im allgemeinen eine so gute Zeichnung aufweisen, daß die durch Geschlecht, Gewicht usw. hervorgerufenen Unterschiede die diagnostische Verwertbarkeit des Filmes gar nicht oder nur ganz wenig beeinträchtigen, so daß die Belichtungszeit gleich bleiben kann. Nur in den extremen Fällen, die ich oben schilderte, ist es nötig, die Belichtungszeit entsprechend zu ändern. Für diese Fälle ist aber bezüglich der notwendigen Verlängerung oder Verkürzung der Belichtungszeit eine feste Regel nicht aufzustellen, und es muß die Erfahrung lehren, die für das betreffende Aufnahmeobjekt beste Belichtungszeit richtig einzuschätzen. Dies lernt sich jedoch sehr bald, so daß man imstande ist, die Belichtungszeit der verschiedenen Dichten und Dicken der in Betracht kommenden Geweben entsprechend zu variieren und so auch diesen Belichtungsfehler zu korrigieren.

---

Am Schlusse meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Privat-Dozent Dr. Fritz Münzesheimer für die freundliche Ueberlassung des Themas sowie für die liebenswürdige Unterstützung bei seiner Ausführung meinen ergebensten Dank zu sagen.

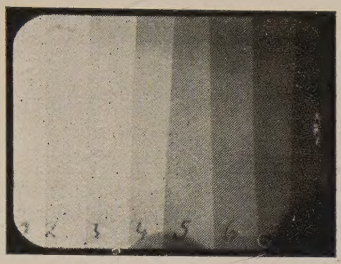


Bild 1

Bild 2

Bild 3

Bild 4

Bild 5

Bild 6

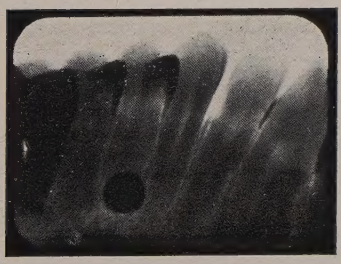


Bild 7

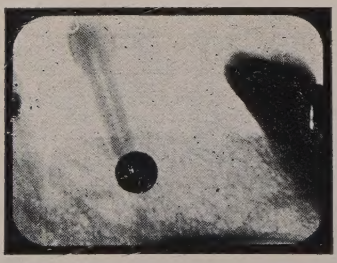


Bild 8

## Literatur


1. Andresen: Agfa-Photo-Handbuch.
2. Bettmann: Dine einfache Methode zur Bestimmung der Knochendichte im Röntgenbild. Zentr. Bl. f. Ch. 1928 Nr. 38 S. 2391, 5.
3. Danmeyer: Eine verfeinerte Methode zur Auswertung von Röntgenaufnahmen. Strahlentherapie 1928. Bd. 30, S. 584.
4. Klein, Henry: Eine Bleisektorenscheibe um Dichte von Knochen und Zahnbau in Prozentzahlen auszudrücken. J. dent. Res. 10. 1930.
5. Münzesheimer-Kuppenheim: Leitfaden zur systematischen Röntgenuntersuchung in der Zahnheilkunde. Berlin 1931.


---

## Lebenslauf

Ich, Wilhelm Beck, bin am 3. 9. 1906 zu Bayreuth als Sohn des Konditors Karl Beck geboren. Ostern 1913 wurde ich in die Volksschule aufgenommen, von der ich im Jahre 1917 zur Oberrealschule Bayreuth übertrat. Im März 1926 legte ich dort die Abiturienten-Prüfung ab und studierte 4 Semester Zahnheilkunde in München, wo ich Ende 1927 das zahnärztliche Physikum bestand. Danach studierte ich in Berlin an der Friedrich-Wilhelms-Universität weiter und bestand im Frühjahr 1930 die zahnärztliche Hauptprüfung.

Seit dieser Zeit arbeite ich praktisch als Assistent.